

# 水產食品中超高壓加工技術的應用與發展現況

## Application and Development Status of an Ultra-high Pressure Processing Technique in Aquatic Food

林雨欣<sup>1</sup>、李季樺<sup>2</sup>、林家驊<sup>3</sup>、顏蕙貞<sup>2</sup>、莊曜陽<sup>2</sup>、陳冠文<sup>2\*</sup>  
Yu-Hsin Lin<sup>1</sup>, Chi-Hua Li<sup>2</sup>, Chia-Hua Lin<sup>3</sup>, Yi-Zhen Yan<sup>2</sup>, Yao-Yan Chuang<sup>2</sup>,  
Guan-Wen Chen<sup>2\*</sup>

1. 台北海洋科技大學食品科技與行銷系

2. 國立臺灣海洋大學食品科學系

3. 國立虎尾科技大學生物科技系

Received 13 October 2017; revised 27 November 2017; accepted 30 November 2017; available online 14 December 2017

### 摘要

隨著超高壓工業化之生產技術與量化生產設備的突破及日趨成熟的理論和研究，超高壓食品加工技術在各國已朝向多元化的產品發展。超高壓常(低)溫殺菌處理不僅可以保留水產食品的營養成分，亦可一改長久以來消費者對於熱加工產品的刻板印象與風味，以維持新鮮、天然及無人工化學添加物的優勢。超高壓不僅具有解決水產食品中病原性微生物、寄生蟲及病毒等衛生安全的問題，同時亦具備貝類與甲殼類的脫殼效果、質地改善及延長保鮮期限的能力。另外，也可以改善水產食品的保水性及魚漿的凝膠性。在生物技術方面的應用則可以提高水產動物或植物中生物活性成分的萃取率與縮短生產製程的時間效益。超高壓加工在未來對於水產食品之生物技術的應用上將會帶來全新的發展契機。

**關鍵字：**超高壓加工技術、水產食品、生物活性成分、脫殼。

### 一、前言

隨著科技的發展與經濟的富裕，消費

者對於健康的意識逐漸升高。因此，食品衛生安全也己成為國人日漸重視的議題。臺灣四面環海，在海洋中雖蘊藏豐富的資源，但要管控捕獲當下的海鮮或水產品的衛生安全並保留水產品的鮮甜和口

---

\*通訊作者電子信箱：[chengw@mail.ntou.edu.tw](mailto:chengw@mail.ntou.edu.tw)

感卻不容易。在世界各國屢有報導攝食水產品如牡蠣而導致食物中毒的案例，例如在 2015 年 6 月國內發生一起生食牡蠣導致 102 人上吐下瀉、76 人送醫治療的食物中毒事件，中毒原因為牡蠣遭到諾羅病毒污染所導致(詹等, 2016)。除此之外，生食海鮮可能存在的風險包括寄生蟲與病原性微生物等食物中毒的問題。近年來食品工業針對生食或冷殺菌已發展許多的加工技術與預防方法，而其中以超高壓常(低)溫的殺菌加工技術(Ultra-High Pressure Processing, UHP)發展的最為成熟。超高壓殺菌在國外已廣泛應用於蔬果的風味與色澤保留、肉品的質地改善及延長水產品的保鮮等處理，此技術亦受食品微生物標準顧問委員會(National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods)列為一種可代替巴斯德殺菌(Pasteurization)之非加熱殺菌技術。此外，美國食品暨藥物管理局(FDA)與美國農業部(U.S. Department of Agriculture)也正式許可此加工技術應用於食品產業製程。超高壓低溫食品加工技術是指以液體(通常為水)作為傳遞壓力之介質，將已包裝於軟式密封袋或容器中的食品，在一定溫度下對產品施予高靜水壓力(100~1000 MPa)及維持適當的時間以進行物理方式的殺菌處理。超高壓殺菌造成微生物死亡的原因，主要是使其細胞膜產生破損並改變其通透性、並可使細胞膜上的磷脂質固化、生長代謝所需的蛋白質產生變性及破壞

DNA 的複製與轉錄等(Meyer *et al.*, 2000; Butz *et al.*, 2003)。在超高壓的環境下可破壞或形成食品成份中的非共價鍵(如氫鍵、離子鍵和疏水鍵等)，而使得酵素失活、澱粉產生糊化及蛋白質變性與凝膠性質改變，最重要的是能有效地降低微生物數量等(陳等, 2005)，進而達到食品保鮮、安全又健康的目的。超高壓除了具有殺菌與靜菌的效果之外，同時具備細胞壁的破壁效果及激活酵素水解活性等功能，此特性皆可提高水產品(如：魚或藻類)中生物活性成分的萃取率。這些活性成分包括：植化素(Phytochemicals)、蛋白質、活性胜肽、脂質及抗氧化成分等化合物。因此，超高壓加工技術應用於水產食品產業時可維持水產品的營養價值、改變其物化特性、延長保鮮及殺死病原菌與病毒，而在水產生物技術產業上則可以提高水產品中生物性成分的萃取率並增加其經濟效益。

## 二、超高壓殺菌技術於水產品的應用

比較與分析傳統熱殺菌與高壓殺菌技術對食品物化特性的影響，包括兩種加工處理技術的殺菌參數—時間與溫度或壓力，結果發現在微生物抵抗力則具有相似的影響，但高壓處理對於改變食品的物化特性的影響相對較小。超高壓殺菌的包裝材料主要是以軟袋或塑膠瓶，如 PP、PET 或積層袋等材質的包材。在酵素失活方面，不同壓力處理下對食品中酵素可產生激活或鈍化的反應，此現象則是視加工

表 1. 超高壓(UHP)處理與一般常壓熱加工之特性比較

加工因素	熱加工	超高壓
影響微生物失活的加工參數	時間、溫度	壓力、時間、溫度
影響微生物失活的產品參數	pH、成分、水活性	pH、成分、水活性
批式或連續式	兩者皆可	批式 / 半連續式
包裝	需要	需要(軟袋)
食品的化學變化	較多	些微
食品的物理變化	較多	些微
酵素失活	可失活	根據加工條件而變化
微生物抵抗力	孢子>革蘭氏陽性菌>革蘭氏陰性菌>酵母菌&黴菌	孢子>革蘭氏陽性菌>革蘭氏陰性菌>酵母菌&黴菌
巴氏德殺菌	可	可
滅菌(殺滅孢子菌)	可殺滅	可殺滅, 於加工過程中搭配溫度。
延長產品保存期限	可	可

(Daryaei *et al.*, 2016)

條件而改變。另外，對於殺滅孢子菌則需結合加熱的處理或利用孢子誘發的萌芽技術後再利用超高壓滅菌(表 1)。超高壓應用於食品加工的製程上，除了可以減少熱處理的品質破壞與維持食品的營養價值、功能性成份及鮮度外，亦能提高食品的安全性及風味等特性。另外，超高壓食品具備產品的創新與特殊性，目前已逐漸受到消費者的青睞與信任。近年來歐美、日本及中國大陸等各國對於超高壓加工設備技術的開發及量產設備日趨成熟下，超高壓食品於全球的年產值於 2015 年時已達 98 億美元，而至 2016 年時已上升達 110 億 3 仟萬美元(Visiongain, 2015; 2016)。全球以 UHP 開發的主要食品，其市場所占的比率分別為：肉製品 28%、果汁和飲料 28%、蔬菜製品 16%、水產品 15% 及其他產品 13% (黃, 2015)。

## 1. 水產品的殺菌與脫殼

水產品(牡蠣、生魚片及蝦類等)利用超高壓低溫的殺菌處理不僅可以殺死病原菌和腐敗菌(酵母菌、黴菌及乳酸菌)，亦可配合冷藏保存以延長產品的保鮮期約 2~4 倍，並可降低保存期間微生物生長速度及改善質地與口感(Tabilo-Munizaga *et al.*, 2016)。

### 1.1. 貝類

首先，水產品經超高壓殺菌處理的主要目的是消除弧菌屬。弧菌屬對高壓相對敏感，在室溫下，以典型高壓處理條件 250-350MPa，1-3 分鐘即可滅菌且在商業上的感官品質無顯著的影響(Patterson, 2005)。牡蠣以 UHP 條件 300 MPa/10°C/3 min 或 350 MPa/1-35°C/2 min 處理後，其腸炎弧菌 O3:K6 菌株 (*Vibrio*

表 2. 水產品以不同高壓(HPP)處理對微生物的抑制能力

食材	細菌	高壓條件	殺滅菌數 (log <sub>10</sub> )	參考文獻
牡蠣	腸炎弧菌 O3:K6 ( <i>Vibrio parahaemolyticus</i> O3:K6)	300 MPa/10°C/3 min	5.0	Cook, 2003 Kural <i>et al.</i> , 2008 Kural and Chen, 2008
	腸炎弧菌( <i>Vibrio parahaemolyticus</i> )	350 MPa/1-35°C/2 min		
		300 MPa/1-35°C/2 min		
草蝦	大腸桿菌 ( <i>Escherichia coli</i> )	600 MPa/27°C/15 min	3.7	Pavuluri <i>et al.</i> , 2014
魚漿	李斯特菌( <i>Listeria monocytogenes</i> )	400 MPa/20°C/5 min	3.0	Yasothei and Giriprasad, 2015
煙燻鮭魚	李斯特菌	700-900 MPa/10s	3.6	Gudbjornsdottir <i>et al.</i> , 2010
生魷魚片	嗜冷菌(Psychrotrophic bacteria)	400 MPa/20 min	>4.7	Gou <i>et al.</i> , 2010
生切章魚	嗜冷菌(Psychrotrophic bacteria)	150、300、450、600 Mpa/6 min	0.1、0.5、1.3 及 2.8	Hsu <i>et al.</i> , 2014
魚鬆、魚乾調理製品	大腸桿菌群(Coliform)與大腸桿菌	600 MPa/10°C/3 min	5.0	陳, 個人提供資料, 2017
生魚片	大腸桿菌群與大腸桿菌	600 MPa/10°C/3 min 200 MPa/10°C/20 min	≤7.0 4.0	陳, 個人提供資料, 2017
文蛤	大腸桿菌群與大腸桿菌	600 MPa/10°C/3 min	>3.0	陳, 個人提供資料, 2017
鮑魚	大腸桿菌群與大腸桿菌	600 MPa/10°C/3 min	≤6.0	陳, 個人提供資料, 2017

*parahaemolyticus* O3:K6) 或 腸 炎 弧 菌 (*Vibrio parahaemolyticus*)菌數皆可下降 5 log。然而，將溫度提高至 40°C時，UHP 的壓力則可降低至 300 MPa/2 min，對於 *Vibrio parahaemolyticus* 即可達到相同的殺菌效果(表 2) (Cook, 2003; Kural and Chen, 2008; Kural *et al.*, 2008)。另外，牡蠣經 UHP 處理後(300~600 MPa)不僅能保留原始的外觀、脫殼、殺滅病原菌及延長保鮮期限(圖 1)，亦可於壓力 600 MPa/6°C/5 min 下讓諾羅病毒(Human Noroviruses)失活以提高生食水產品的安

全性(Rendueles *et al.*, 2011; Leon *et al.*, 2011)。

傳統用於去除貝類與甲殼類(例如，龍蝦與蝦)的外殼通常是以烹飪的方法。熱處理可使貝或蝦肉連接到殼上的蛋白質變性而有助於去除外殼。通常在加熱後必須以手工採肉法將肉與殼分開。此法需熟練的刀工技術、費時和費力且過程中可能無法避免地會將貝類或甲殼類煮熟，因而影響它後續烹煮時的風味與質地。機械採肉往往易導致甲殼類與貝類的肉質被切碎或粉碎，從而限制了其潛在的應用。目前利用超高壓技術的脫殼處理是破壞其蛋



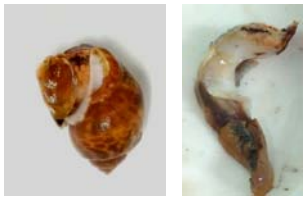









食材	處理前	處理後
牡蠣		
鳳螺		
蟹蝦		
胭脂蝦		
文蛤		
淡水小龍蝦		

圖 1. 水產品利用 HPP 進行開殼及脫殼處理。(陳, 個人提供資料, 2017)

白質三級結構的非共價鍵而產生凝膠現象，使肌肉蛋白和黏連蛋白(fibronectin)發生變性，肌肉纖維與殼體的黏連組織鬆懈，因而得以使肉質輕易的從甲殼類與貝類分離出來(Cruz-Romero *et al.*, 2004)，以提供脫殼的生龍蝦、螃蟹、蝦、螺、牡蠣或文蛤肉(圖 1)。一般此類水產品的 UHP 脫殼理想條件為 270 MPa，時間為 35~45 秒或 230~320 MPa，時間 20~40 秒(Jabbour and Gudmundur, 2011; Tauge, 2011)，能夠完整的將外殼與肉分離，獲得接近百分之百的採肉率。相較於傳統取肉方式，此法明顯提高了業者的經濟收益。

### 1.2. 魚類

超高壓低溫的加工技術配合冷藏貯存可提供水產食品達數週的短期保存，以減少微生物及傳統冷凍保存對水產品品質的破壞。魚類製品(包括：魚鬆、魚乾及調理魚製品)以 UHP 條件為 600 MPa/10°C/3 min 處理後，其大腸桿菌群(Coliform)與大腸桿菌(*Escherichia coli*)菌數皆可下降 5~7 log。然而，生魚片則不適用於此條件進行殺菌，因為太高的壓力(250~600 MPa)與持壓時間太久皆易使蛋白質變性並產生熟化現象，使得生魚片顏色變成白色。因此水產品較適用於相對低壓的殺菌條件或者配合攔柵技術以達到抑菌及延長其保鮮時間。鮭魚生魚片以 UHP 條件 200 MPa/10°C/5 min 處理後(圖 2)，其總生菌數與大腸桿菌群的菌數皆可下降 1 log；當延長處理時間至 20 min 時，

總生菌數可減少 4 log，而其大腸桿菌群與大腸桿菌則皆呈現未檢出(表 2)。

生食水產品除了病原性微生物或病毒所導致的食物中毒外，其他仍可能存在的風險為包括寄生蟲等食物中毒的問題。海洋魚類和頭足類動物易受到安尼線蟲(*Anisakis* sp.)的感染。此亦影響到大多數具商業價值的養殖魚類和許多漁場，並進而影響到消費者的健康與安全問題。安尼線蟲感染的臨床症狀通是因為食用生食或未完全烹煮過的海洋魚類，其幼蟲侵入腸胃道黏膜或組織所引起。安尼線蟲也會因為侵犯的部位而引起不同的症狀：如胃壁受到侵犯時通常引起急性上腹痛及嘔吐；小腸壁受侵犯時則引起下腹痛及下痢，身體組織受到侵犯則引起全身性過敏反應、蕁麻疹及嗜伊紅性白血球上升、甚至引起過敏性休克，也可能因刺激喉嚨而引起咳嗽。其症狀可出現於 48 小時內並持續數天至數月，甚至可長達數年之久(龐等, 2009)。依目前的文獻指出，安尼線蟲感染的鯖魚利用超高壓條件於 300 MPa, 5 min 處理後可完全的殺滅此寄生蟲及其幼蟲。超高壓處理後的鯖魚並不會影響其感官特性且無損可食用性，因此亦可應用於沙丁魚和鳳尾魚等魚種，特別是用於製備水產醃漬食品(Brutti *et al.*, 2010)。

### 1.3. 頭足類

生魷魚片以 UHP 條件為 400 MPa/20 min 處理後，其嗜冷菌(Psychrotrophic bacteria)的菌數可減少 >4.7 log (表 2) (Gou *et al.*, 2010)。小卷以 600 MPa/10°C/3 min

處理後，其大腸桿菌群與大腸桿菌則皆呈現未檢出且外觀上亦無明顯的差異(圖 2)。另外，Hsu *et al.* (2014)利用不同壓力處理(150、300、450 及 600 MPa)生切章魚，相較於對照組時，其嗜冷菌的菌數分別減少 0.1、0.5、1.3 及 2.8 log (表 2)。

### 三、水產品經 UHP 處理後之物理與化學特性的變化

水產品經 UHP 處理後之物理與化學特性的變化如表三所示。金頭鯛魚以 UHP 條件為 200、300、400 MPa/10 min 處理之結果發現，以 300 與 400 MPa 處理組之魚肉於保存期間可維持肉質的彈性，而 200 MPa 處理組之肉質彈性則下降。此原因為未經高壓處理組之魚肉中肌間線蛋白

(desmin)於保存期間發生降解而降低肉質的彈性。當以高壓 400 MPa 處理時，則可使蛋白酶失活以抑制肌間線蛋白質的降解(Campus *et al.*, 2010)。竹筴魚經由不同高壓條件處理後亦可使內源性蛋白酶失活進而改善魚肉組織惡化的情況。另外，UHP 亦可提高生魚漿中轉麩胺醯酶(transglutaminase)與受質蛋白質的反應速率，使生魚漿組織內增加分子間交聯的形成並讓凝膠強度提高 2 至 3 倍(表 3)(Campus *et al.*, 2010)。

鯉魚以 100、140、180、200 MPa/處理 15 與 30 min，除了壓力條件於 100 MPa/15 min 以外，硫代巴比妥酸(Thiobarbituric acid, TBA)值隨著壓力及持

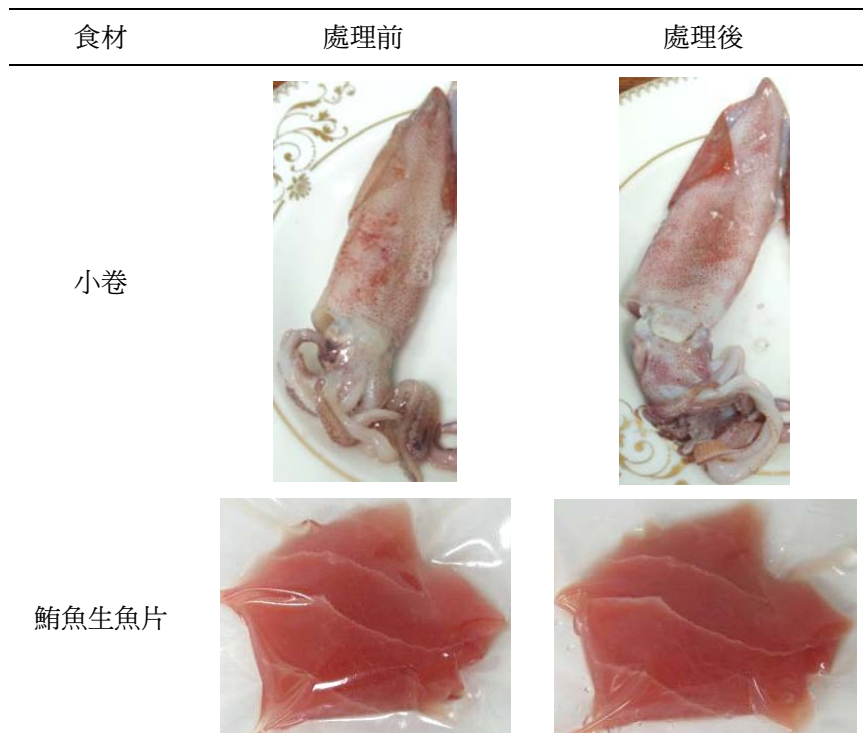


圖 2. 水產品經 HPP 處理前後外觀差異。(陳, 個人提供資料, 2017)

壓時間增加而上升且其值顯著的高於未處理組；同時，魚肉中釋出的游離脂肪酸及其  $L^*$ 、 $b^*$  及  $a^*$  值也增加。游離脂肪酸釋出易引起水產品肌肉質地劣變、加速脂肪氧化及異味產生等不良的現象產生 (Sequeira-Munoz *et al.*, 2006)。另一方面，大西洋鯖魚以 150~450 MPa，0~5 min 處理，可明顯的抑制游離脂肪酸的形成(表 3) (Vázquez *et al.*, 2013)。上述所提及壓力與游離脂肪酸釋出的結果相反這可能是與魚的品種、處理條件等因素所導致。然而，目前超高壓處理對於水產品的游離脂肪酸釋出與否仍是有待進一步的研究與論證。

#### 四、超高壓處理在水產生物技術的應用

##### 1. 壓力輔助萃取以獲得富含生物活性化合物(bioactive compounds)的萃取物

超高壓處理對水產食品中生物活性化合物的提取性與應用，可依據萃取的步驟可分為：(i)壓力輔助萃取：針對水產食品的可提取性/生物利用程度的評估。萃取方式為一開始將水產原料分散於水中，施予加壓及洩壓後再進行其他有機溶劑的萃取處理。(ii)壓力輔助萃取以獲得可用於食品與藥物之生物活性化合物。萃取方式為將乾燥的水產原料溶於有機溶劑中，再施予高壓萃取後進行離心和濃縮等步驟的處理。(ii)壓力結合酵素萃取可提高酵素的水解的活性，以增加生物活性化合物的釋出。然而依目前的文獻顯示，以高壓萃取水產食品中生物活性物質時可能發生

回收率與濃度增加或減少的變化，此種改變的可能原因包括：(1)細胞滲透性和/或化合物本身和/或水產原料之周圍化合物的性質改變而引起的可提取性的增加或減少；(2)水產原料中具有壓力穩定性與熱穩定性較佳的成分；(3)在壓力下對化學反應產生催化或抑制，對酵素反應產生激活或鈍化的變化；和/或(4)具有降解生物活性化合物之殘留酵素的作用。壓力輔助萃取的影響因素也可能取決於水產食品的種類與上述的反應變化外，亦可能受到不同程度的萃取條件(溫度、時間、酵素活性及壓力)等參數的影響，而決定萃取物中生物活性化合物的最終濃度(Jung, 2016; 陳與廖, 2017)。

##### 2. 高壓於水產食品的萃取與應用

Gómez-Guillén *et al.* (2005) 研究顯示，從比目魚魚皮提取明膠是一種耗時的處理，利用超高壓於 10°C 下進行明膠萃取製程中的酸膨潤和水萃取步驟(250 MPa/10 或 20 min，400 MPa/10 min 或兩個脈衝 5 min)時，可明顯的縮短萃取時間及加速該製程的加工程序。將蝦殼的下腳料置入乙醇溶劑後以 UHP 條件 100~300 MPa/5 min 進行蝦青素的萃取，結果顯示 UHP 萃取法比超音波及常壓法有較高的蝦青素萃取率、產品純度高及較強的抗氧化能力(王, 2013)。草魚魚鱗以 UHP 條件 250 MPa/15 min 處理後再以 90°C 熱水進行膠原蛋白的萃取，結果顯示 UHP 輔助熱萃取法比傳統熱萃取法可獲得較高的



表 3. 水產品經 UHP 處理後的物理與化學特性變化

食材	高壓條件	質地變化	參考文獻
金頭鯛魚	200、300、400 MPa /10 min	魚肉以 300、400 MPa 處理後，於保存期間可維持其肉質彈性。反之，樣品以 200 MPa 處理其肉質彈性則降低。	Campus <i>et al.</i> , 2010
竹筴魚	220、250、330 MPa/7、15、25°C/ 5、10 min	超高壓能使內源性蛋白酶失活進而改善魚肉組織惡化的情形。	Qiu <i>et al.</i> , 2013
海鮮	250-500 MPa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 超高壓使閉殼肌變性，可應用於貝類開殼，減少手動開殼破壞肉質。</li> <li>2. 超高壓成功運用於不同類型的海鮮，例如龍蝦，以 250-500 MPa 處理可改善微生物及產品產量。</li> <li>3. UHP 對生魚漿的組織影響是可提高轉谷氨酰胺酶與蛋白質受質的作用，使生魚漿組織內增加了分子間交聯形成並讓凝膠強度提高 2 至 3 倍。</li> </ol>	Campus, 2010
北魷魚	300 MPa/20°C/5、 10、20 min	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 除了超高壓處理 20 min 的組別，其餘樣品的二甲胺含量隨著保存時間的增加而增高，且二甲胺的含量會隨著持壓時間的增加而有顯著性降低。結果顯示，藉由超高壓處理可減緩二甲胺形成。</li> <li>2. 以超高壓處理 5、10、20 min 之樣品於保存期間的三甲胺含量並無顯著性的增加。</li> <li>3. 經高壓處理的樣品於保存期間其 pH 值並無顯著性差異。</li> </ol>	Gou <i>et al.</i> , 2010
牡蠣	260、400 及 600 MPa/5 min	壓力越大時， $L^*$ 、 $b^*$ 值增大，而 $a^*$ 值降低。壓力處理組比控制組之剪切力增大。	Cruz-Romero <i>et al.</i> , 2008
鯉魚	100、140、180、200 MPa/15、30 min	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 除了以 100 MPa 處理 15 min 的樣品以外，TBA 值隨壓力及持壓時間增加而上升，與未處理者有顯著差異。</li> <li>2. 超高壓處理之樣品隨壓力增加，釋出的游離脂肪酸也越多。</li> <li>3. 樣品之 <math>L^*</math>、<math>b^*</math>及 <math>a^*</math>值增加。</li> </ol>	Sequeira-Munoz <i>et al.</i> , 2006
鯖魚	150、300、450 MPa/20°C/0、2.5、 5 min	藉由增加壓力及持壓時間可發現樣品於保存期間能有效的抑制游離脂肪酸及脂質氧化產物的生成。	Vázquez <i>et al.</i> , 2013
印度對蝦	100、270、430 及 600 MPa/25 °C /5 min	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. pH 值及 TBA 值於高壓處理後及儲藏時顯著增加，TMA 及 TVB-N 值則顯著降低。</li> <li>2. 硬度、<math>L^*</math>值及 <math>b^*</math>值隨壓力增加而上升，但 <math>a^*</math>值則減少。</li> </ol>	Bindu <i>et al.</i> , 2013

表 3(續). 水產品經 UHP 處理後的物理與化學特性變化

鱸魚	魚片經 100、200、300、400 及 500 MPa 處理後，於 4 °C 儲存 0、7 與 14 天	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 魚片經超高壓的應用上能誘發 <math>L^*</math>值與色度的增加，降低 <math>a^*</math>值，並改變其 <math>b^*</math>與色調。</li> <li>2. 所有參數隨著儲存時間具有顯著變化。</li> <li>3. 超高壓處理後能降低魚片滲出液與水合能力。</li> <li>4. 在約 300 MPa 高壓處理後儲存起來能較未高壓處理之樣品具有較高的硬度，證明高壓能改善冷凍與儲存魚片的質地。</li> </ol>	Chéret <i>et al.</i> , 2005
紅鱒魚	不同壓力 220、250 及 330 MPa 下配合不同溫度 3、7、15 及 25° C 處理 5 與 10 min	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 顏色：隨著壓力增加，提高 <math>L^*</math>和 <math>b^*</math>值並降低 <math>a^*</math>值。</li> <li>2. 經超高壓處理不影響樣品的 TMA 值。</li> <li>3. 在 3 與 25°C 下超高壓處理 5 與 10 min，隨著壓力的增加，樣品的 TBA 值隨之上升。於 7 與 15°C 超高壓處理 5 與 10 min 後，其 TBA 值顯著性高於未高壓處理之樣品。</li> <li>4. 17 天後，UHP 處理的樣品其 pH 值超過極限值。</li> <li>5. 對所有的樣品，TVB-N 在 7 天儲存後仍高於拒收的標準值 (35mg / 100g)。</li> </ol>	Erkan <i>et al.</i> , 2010

$L^*$ 值：+偏白；-偏暗。 $a^*$ 值：+偏黃；-偏藍。 $b^*$ 值：+偏紅；-偏綠。

TBA：Thiobarbituric acid, 硫代巴比妥酸；TVB-N：Total volatile basic nitrogen, 揮發性鹽基態氮；TMA：Trimethylamine, 三甲基胺。

膠原蛋白萃取率，值達 87.9% (溫, 2012)。此外，Hendrickx *et al.* (1998) 研究顯示壓力對於酵素具有激活或鈍化的影響。在相似的研究結果發現，以相對較低的壓力與溫度下，酵素反而會產生激活作用，並增加酵素與受質的反應速率。酵素活性也隨著溫度或壓力的上升隨之增加，直至超過酵素的耐受範圍後即產生酵素鈍化 (Eisenmenger and Reyes-De-Corcuera, 2009)。此可能是高壓下易破壞酵素三級結構的非共價鍵，而使酵素活性中心結構破壞而失去活性 (Ludikhuyze *et al.*, 2003)。超高壓結合酵素在水產食品的應用包括：去

除水產品的過敏原及提高生物活性胜肽或支鏈胺基酸等保健素材或產品的生產。在去過敏原方面，以南美白對蝦之水萃取蛋白質(主要過敏原為原肌球蛋白，tropomyosin)經由 UHP 結合木瓜酵素於 350 MPa/45°C/20 min 反應，結果顯示高壓可促進酵素與蝦萃取物中過敏原進行水解而抑制其致敏性(表 4) (謝, 2012)。另外，超高壓技術也應用於甲魚精與鱸魚精的產品。甲魚經由添加商業酵素後於 0.2~400 MPa 與 10~70°C 下萃取 2~48 小時，萃取物中的小分子胜肽含量(97.4 mg/ml)顯著的高於傳統熱萃取組(5.1

表 4. 超高壓處理於水產生物技術的應用

食品原料	主要成分	高壓條件	參考文獻
鱸魚	游離支鏈胺基酸	0.2~400 MPa ; 10~70°C, 商業用酵素 ;	楊等, 2014; 陳與廖,
甲魚	小分子胜肽	2~48 hr	2017
中南美白對蝦	蝦過敏原蛋白質(水解過敏原)	350 MPa/45°C/20 min 木瓜酵素	謝等, 2012
比目魚魚皮	明膠	250 MPa/10 或 20 min , 400 MPa/10 min 或兩個脈衝 5 min	Gómez-Guillén <i>et al.</i> , 2005
中南美白對蝦的蝦殼	蝦青素	100~300 MPa/5 min	王, 2013
草魚魚鱗	膠原蛋白	250 MPa/15 min	溫, 2012

mg/ml) (圖 3) (陳與廖, 2017)。鱸魚結合超高壓與酵素萃取後，萃取物中游離態的支鏈胺基酸(Leucine + Isoleucine + Valine)含量可達 279 mg/100 ml，相較於傳統熱萃取組(21 mg/100 ml)，超高壓萃取可提高約 10 倍的小分子游離態的支鏈胺基酸等營養成分的萃取及提升原料的利用率與產製率(表 4) (楊等, 2014)。

## 五、結論

隨著國人健康意識抬頭，選購健康及無添加物的食品將是未來的

市場趨勢，超高壓加工技術不僅可以解決水產食品中病原性微生物、寄生蟲及病毒等衛生的問題，同時亦具備脫殼、改善質地、無添加物及延長保鮮期限等優勢。在生物技術方面，可縮短生物活性成分的萃取時間與生產製程。相較於熱殺菌處理，UHP 可避免熱敏感的機能性成分裂解或變質。此新穎的加工技術將有助於創造產品的市場區隔及帶來獨特的競爭利基。



生鮮切塊甲魚



甲魚萃取後的副產物



不同萃取條件之甲魚精

圖3. 超高壓萃取甲魚精。(陳, 個人提供資料, 2017)

## 六、誌謝

本文《水產食品中超高壓加工技術的應用與發展現況》之相關資料與超高壓設備提供，承蒙金利食安科技股份有限公司的協助下方得以完成，謹誌謝意。

## 七、參考文獻

- 王菁 (2013) 超高壓輔助提取蝦殼中蝦青素的研究。浙江大學碩士論文，浙江，49-60 pp.
- 陳冠文、廖國榮 (2017) 結合壓力與酵素萃取動物性成分水解物之方法。專利證書號：I600379。
- 陳復生、張雪、錢向明 (2005) 述食品超高壓加工技術。化學工業出版社。
- 黃秋香 (2015) 高壓加工技術應用現況與發展趨勢。經濟部 ITIS 產業評析。
- 楊卓松、許少萇、李季樺、高啟芸、廖國榮、陳冠文 (2014) 超高壓技術於品純萃鱸魚精之萃取與應用。台灣食品科學技術學會年會 (Poster, E049)，高雄。
- 溫馨 (2012) 草魚魚鱗膠原蛋白提取純化工藝研究。福建農林大學碩士論文，福建，28-48 pp.
- 詹蕙嘉、方雅玄、許元馨、陳銘在、王慈穗、王德原、林金富 (2016) 104 年度綠島地區供食生蠔造成食品中毒事件調查與處置。食品藥物研究年報，台北，7：76-81。
- 謝丹丹、胡志、和薛璐、張博洋、宿文晶、方緣 (2012) 超高壓結合酶消滅南美白對蝦蛋白過敏原研究。食品科學 33(8)：109-114。
- 龐飛、張淑美、黃建賢、張藏能 (2009) 人畜共通傳染病臨床指引第二版-第六十三章安尼線蟲症(海獸胃線蟲症)，行政院衛生署疾病管制局：214-216。

- Bindu, J., J. Ginson, C. Kamalakanth, K. Asha, T. Srinivasa Gopal (2013) Physico-chemical changes in high pressure treated Indian white prawn (*Fenneropenaeus indicus*) during chill storage. Innovative Food Science & Emerging Technologies 17: 37-42.
- Brutti, A., P. Rovere, S. Cavallero, S. D'Amelio, P. Danesi, G. Arcangeli (2010) Inactivation of *Anisakis simplex* larvae in raw fish using high hydrostatic pressure treatments. Food Control 21: 331-333.
- Butz, P., A. Fernandez Garcia, R. Lindauer, S. Dieterich, A. Bognar, B. Tauscher (2003) Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. Journal of Food Engineering 56: 233-236.
- Campus, M. (2010) High pressure processing of meat, meat products and seafood. Food Engineering Reviews 2: 256-273.
- Campus, M., M.F. Addis, R. Cappuccinelli, M.C. Porcu, L. Pretti, V. Tedde, N. Secchi, G. Stara, T. Roggio (2010) Stress relaxation behaviour and structural changes of muscle tissues from gilthead bream (*Sparus aurata* L.) following high pressure treatment. Journal of Food Engineering 96: 192-198.
- Chéret, R., N. Chapleau, C. Delbarre-Ladrat, V. Verrez-Bagnis, M. de Lamballerie (2005) Effects of high pressure on texture and microstructure of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fillets. Journal of Food Science 70: E477-E483

- Cook, D. (2003) Sensitivity of *Vibrio* species in phosphate buffered saline and in oysters to high-pressure processing. *Journal of Food Protection* 66: 2276-2282.
- Cruz-Romero, M., J. Kerry, A. Kelly (2008) Changes in the microbiological and physicochemical quality of high pressure treated oysters (*Crassostrea gigas*) during chilled storage. *Food Control* 19(12): 1139-1147.
- Cruz-Romero, M., M. Smiddy, C. Hill, J.P. Kelly (2004) Effects of high pressure treatment on physicochemical characteristics of fresh oysters (*Crassostrea gigas*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 5(2): 161-169.
- Daryaei, H., A.E. Yousef, V.M. Balasubramaniam (2016) Microbiological aspects of high-pressure processing of food: Inactivation of Microbial Vegetative Cells and Spores. In: *High pressure processing of food*, edited by Balasubramaniam, V. M., G.V. Barbosa-Canovas, H.L.M. Leliveveld, Springer, New York, 271-294.
- Eisenmenger, M., J.I. Reyes-De-Corcuera (2009) High pressure enhancement of enzymes: A review. *Enzyme Microbial Technology* 45: 331-347.
- Erkan, N., G. Uretener, A. Alpas (2010) Effect of high pressure (HP) on the quality and shelf life of red mullet (*Mullus surmelutus*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 11: 259-264.
- Gómez-Guillén, M.C., B. Giménez, P. Montero (2005) Extraction of gelatin from fish skins by high pressure treatment. *Food Hydrocolloids*. 19(5): 923-928.
- Gou, J., H. Xu, G.-P. Choi, H.-Y. Lee, J. Ahn (2010) Application of high pressure processing for extending the shelf-life of sliced raw squid. *Food Science and Biotechnology* 19(4): 923-927.
- Gudbjornsdottir, B., A. Jonsson, H. Hafsteinsson, V. Heinz (2010) Effect of high-pressure processing on *Listeria* spp. and on the textural and microstructural properties of cold smoked salmon. *LWT – Food Science & Technology* 43: 366-74.
- Hendrickx, M., L. Ludikhuyze, I. Van den Broeck, C. Weemaes (1998) Effects of high pressure on enzymes related to food quality. *Trends in Food Science & Technology* 9: 197-203.
- Hsu, C.P., H.W. Huang, C.Y. Wang (2014) Effects of high-pressure processing on the quality of chopped raw octopus. *LWT—Food Science and Technology* 56(2): 303-308.
- Jabbour, T. (Halifax, CA), H. Gudmundur (Halifax, CA) (2011) Preparation of eviscerated raw whole lobster. Patent Application No. 20110070353.
- Jung, S. (2016) Applications and opportunities for pressure-assisted extraction. In: *High pressure processing of food*, edited by Balasubramaniam, V. M., G.V. Barbosa-Canovas, H.L.M. Leliveveld, Springer, New York, 173-192.
- Kural, A.G., H. Chen (2008) Conditions for a 5 log reduction of *Vibriovulnificus* in oysters through

- high hydrostatic pressure treatment. International Journal of Food Microbiology 122(1): 180-187.
- Kural, A.G., A.E. Shearer, D.H. Kingsley, H. Chen (2008) Conditions for high pressure inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* in oysters. International Journal of Food Microbiology 127(1): 1-5.
- Leon, J.S., D.H. Kingsley, J.S. Montes, G.P. Richards, G.M. Lyon, G.M. Abdulhafid, S.R. Seitz, M.L. Fernandez, P.F. Teunis, G.J. Flick, C.L. Moel (2011) Randomized, double-blinded clinical trial for Human Norovirus inactivation in oysters by high hydrostatic pressure processing. Applied and Environmental Microbiology 77(15): 5476-5482.
- Ludikhuyze, L., A. Van Loey, Indrawati, C. Smout, M. Hendrickx (2003) Effects of combined pressure and temperature on enzymes related to quality of fruits and vegetables: from kinetic information to process engineering aspects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 43: 527-586.
- Meyer, R.S., K.L. Cooper, D. Knorr, H.L.M. Lelieveld (2000) High-pressure sterilization of foods. Food Technology 54(11): 67-70.
- Patterson, M.F. (2005) Microbiology of pressure-treated foods. Journal of Applied Microbiology 98: 1400-1409.
- Pavuluri, S.R., B.P. Kaur (2014) High pressure inactivation kinetics of *Escherichia coli* in black tiger shrimp (*Penaeus Monodon*). International Conference on Biological, Civil and Environmental Engineering (BCEE-2014). Dubai, UAE, 167-169.
- Qiu, C., W. Xia, Q. Jiang (2013) Effect of high hydrostatic pressure (HHP) on myofibril-bound serine proteinases and myofibrillar protein in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). Food Research International 52: 199-205
- Rendueles, E., M.K. Omer, O. Alvseike, C. Alonso-Calleja, R. Capita, M. Prieto (2011) Microbiological food safety assessment of high hydrostatic pressure processing: A review. LWT-Food Science Technology 44: 1251-1260.
- Sequeira-Munoz, A., D. Chevalier, A. LeBasi, H. Ramaswamy, B.K. Simpson (2006) Physicochemical changes induced in carp (*Cyprinus carpio*) fillets by high pressure processing at low temperature. Innovative Food Science & Emerging Technologies 7: 13-18.
- Tabilo-Munizaga, G., S. Aubourg, M. Prez-Won (2016) Pressure effects on seafoods. In: High pressure processing of food, edited by Balasubramaniam, V.M., G.V. Barbosa-Canovas, H.L.M. Lelieveld, Springer, New York, 652-670.
- Tauge, A. (2011) High-pressure seafood processing method (20112364598). URL: [http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=2364598&KC=&FT=E&locale=en\\_EP](http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=2364598&KC=&FT=E&locale=en_EP)
- Vazquez, M., A. Torres, J. Gallardo, J. Saraiva, S. Aubourg (2013) Lipid hydrolysis and oxidation

development in frozen mackerel (*Scomber scombrus*): effect of a high hydrostatic pressure pretreatment. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 18: 24-30.

Visiongain (2015) The food high pressure processing (HPP) thchnologies market forecast 2015-2025: Pascalization & Bridgmanization.

[https://www.visiongain.com/Report/1406/The-Food-High-Pressure-Processing-\(HPP\)-Technologies-Market-Forecast-2015-2025](https://www.visiongain.com/Report/1406/The-Food-High-Pressure-Processing-(HPP)-Technologies-Market-Forecast-2015-2025)

Visiongain (2016) Food high processing (HPP) technologies market 2016-2026.

[https://www.visiongain.com/Report/1623/Food-High-Pressure-Processing-\(HPP\)-Technologies-Market-2016-2026](https://www.visiongain.com/Report/1623/Food-High-Pressure-Processing-(HPP)-Technologies-Market-2016-2026)

Yasohtai, R., R. Giriprasad (2015) High pressure processing food technologies. *International Journal of Science, Environment and Technology* 4(1): 108-113.

